

## PENGENDALI STAR DELTA PADA POMPA DEEP WELL 3 FASA 37 KW DENGAN PLC ZELIO SR3B261FU

Adhi Kusmantoro<sup>1)</sup>, Agus Nuwolo<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang  
Jl. Sidodadi Timur No.24 – Dr.Cipto Semarang

<sup>1)</sup>Email : [adhiteknik@gmail.com](mailto:adhiteknik@gmail.com)

### ABSTRACT

*Motor pompa submersible merupakan motor induksi rotor sangkar tupai dan pada saat dihubungkan langsung dengan tegangan jala-jala atau menggunakan sistem DOL, akan menyebabkan arus awal sangat besar. Arus awal yang mengalir pada sistem jaringan tenaga listrik sebesar 500% - 800% dari arus beban penuh motor dan menyebabkan penurunan tegangan sistem yang cukup besar, sehingga berpengaruh terhadap peralatan lainnya yang terpasang yang berada pada satu jalur sistem jaringan tenaga listrik. Jika arus yang besar mengalir dalam waktu yang lama dapat membuat motor maupun kabel penghantar menjadi terlalu panas dan merusakkan isolasi. Salah satu cara untuk menurunkan arus start pada motor pompa submersible menggunakan sistem sambungan star delta (Y-Δ). Prinsipnya adalah pada saat start awal motor tidak diberikan tegangan secara penuh, tetapi hanya 0,577 tegangan sumber saja dengan cara dihubungkan star (bintang). Setelah motor berputar dan arus sudah mulai turun, sambungan motor dipindah menjadi delta (delta), sehingga motor mendapatkan tegangan secara penuh. Dalam penelitian ini digunakan PLC zelio untuk mengatur bekerja sambungan star delta pada motor pompa submersible 52 Hp. Arus start motor pompa submersible menggunakan sistem DOL 625,31 A dan arus start menggunakan sistem star delta 520,41 A..*

**Kata Kunci :** PLC, Zelio Smart Relay, Zelio Soft, Star Delta Motor, submersible pump

### 1. PENDAHULUAN

Pompa submersible yang banyak digunakan pada sumur artesis untuk kapasitas besar menggunakan motor induksi tiga fasa. Motor ini memiliki banyak kelebihan dari segi teknis dan segi ekonomis. Kelebihan dari segi teknis motor ini memiliki daya yang besar, konstruksi yang sederhana, kokoh dan perawatannya yang mudah, sedangkan kelebihan dari segi ekonomis motor ini memiliki harga yang murah. Namun dalam kenyataannya motor induksi paling banyak menimbulkan arus awal (starting) yang besar (5–7 kali arus nominal). Hal ini akan menyebabkan jatuh

tegangan yang besar pada jaringan listrik PLN. Untuk motor dengan daya yang kecil, arus starting tidak terlalu berpengaruh terhadap jatuh tegangan. Pada motor dengan daya yang besar akan menyebabkan jatuh tegangan yang besar pula dan berpengaruh pada kualitas daya listrik yang digunakan. Untuk mengatasi kekurangan motor induksi adalah menggunakan metode pengasutan. Sistem pengasutan sekarang ini telah banyak digunakan secara luas karena memiliki kelebihan antara lain menurunkan arus starting yang besar. Dengan arus starting yang lebih rendah, maka jatuh tegangan jaringan listrik tidak terlalu besar

sehingga kualitas daya listrik menjadi lebih baik serta memperpanjang usia motor. Seiring dengan berkembangnya teknologi sistem pengendalian atau pengoperasian motor yang murah dan mudah menggunakan zelio smart relay. Zelio smart relay termasuk dalam keluarga PLC yang tidak membutuhkan banyak I/O dan fasilitas yang digunakan sederhana. Untuk mengatasi permasalahan arus awal yang besar dalam penelitian ini digunakan pengasutan star (Y) – delta ( $\Delta$ ) yang diatur menggunakan zelio smart relay.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pompa *Submersible*

Pompa merupakan peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari daerah rendah ke daerah yang lebih tinggi. Pompa dapat digunakan untuk mengalirkan cairan dari tempat yang tekanannya rendah ke tempat yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat tekanan pada suatu sistem jaringan pipa. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar dari pompa. Pompa *Submersible* disebut juga dengan *electric submersible pump (ESP)* adalah pompa yang beroperasi di dalam air. Pompa ini akan mengalami kerusakan jika beroperasi dalam keadaan tidak terbenam

dalam air untuk waktu yang lama dan mempunyai tinggi minimal air yang dapat dipompa agar usia pompa tersebut lama.



**Gambar 2.1** Pompa *submersible*

Kelebihan dari pompa *submersible* adalah :

1. Biaya perawatan yang rendah.
2. Tidak bising, karena berada dalam sumur.
3. Pompa mempunyai pendingin alami, karena posisinya terendam dalam air
4. Sistem pompa tidak menggunakan shaft penggerak yang panjang dan bearing, sehingga masalah keausan *bearing* dan shaft tidak terjadi.

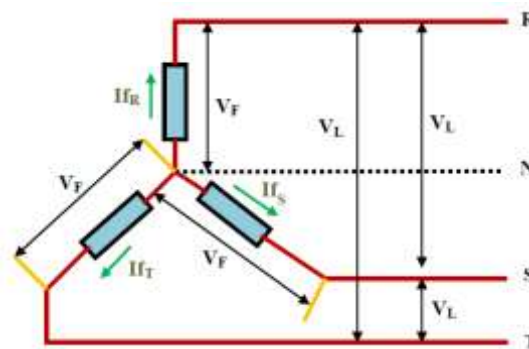
### B. Sistem Pengasutan Motor Induksi Tiga Fasa Metode *Star-Delta* (Y- $\Delta$ )

Star delta adalah sebuah sistem starting motor yang paling banyak digunakan untuk starting motor induksi tiga fasa. Metode star delta adalah metode pengasutan dengan mengurangi tegangan yang masuk ke kumparan motor. Sebuah motor induksi yang dapat digunakan dalam hubungan star delta mempunyai enam buah

terminal dan tidak dapat digunakan secara bersamaan. Pada saat awal motor bekerja menggunakan hubungan star (Y) dan ketika motor telah mencapai kecepatan 80% dari kecepatan maksimal, hubungan star diubah menjadi hubungan delta ( $\Delta$ ). Saat terhubung star, tegangan masing-masing fasa dikurangi sebesar  $1/\sqrt{3}$  (57,7 % tegangan sumber) dan arus sumber dikurangi sebesar  $1/3$ . Keuntungan motor induksi tiga fasa menggunakan hubungan star delta adalah arus hubungan star lebih kecil terhadap arus hubungan delta, sehingga dapat mengurangi besarnya arus start motor yang mendekati 7 kali arus nominal serta torsi motor dapat dipertahankan.

### C. Hubungan Star

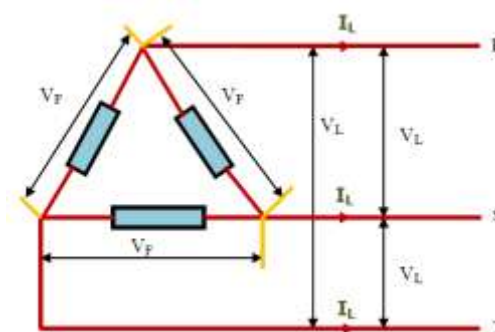
Pada dasarnya sambungan star (bintang) dilakukan dengan cara menyambungkan ketiga ujung yang sejenis (pangkal atau ujung) dari ketiga lilitan kumparan motor induksi tiga fasa tersebut. Hal ini diperlihatkan pada gambar 2.2. Pada sistem sambungan star kumparan akan menerima tegangan sebesar  $V_L/\sqrt{3}$ . Oleh karena tegangan yang diterima kumparan motor lebih kecil dari tegangan sumber maka arus yang mengalir pada kumparan motor sama dengan arus sumber.



Gambar 2.2 Hubungan star

### D. Hubungan Delta

Hubungan sistem delta (segitiga) dilakukan dengan cara menghubungkan ujung kumparan pertama ke pangkal kumparan berikutnya, sehingga diperoleh rangkaian tertutup yang simetris. Arah garis gaya gerak listrik (ggl) pada seluruh kumparan mempunyai arah yang sama. Pada hubungan delta tegangan yang diterima kumparan motor sama dengan tegangan line  $V_F = V_L$  dan arus yang mengalir pada kumparan motor sebesar  $I_L/\sqrt{3}$ .



Gambar 2.3. Hubungan delta

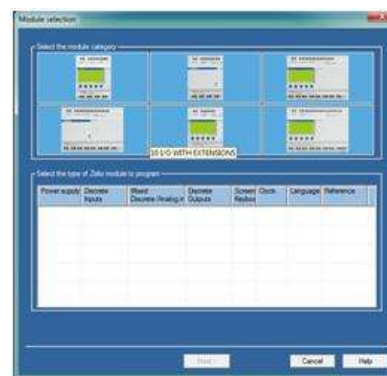
### E. PLC Zelio

*Smart relay* menggantikan rangkaian kontrol relay pada pemakaian sistem otomasi sederhana. Dengan menggunakan *smart relay* rangkaian kontrol cukup dibuat secara software. Zelio adalah smart relay yang dibuat oleh Schneider Telemecanique yang tersedia dalam 2 model yaitu model compact dan model modular, juga dapat ditambahkan modul I/O (expansion I/O modules) diskrit maupun I/O analog. Keuntungan menggunakan zelio smart relay adalah:

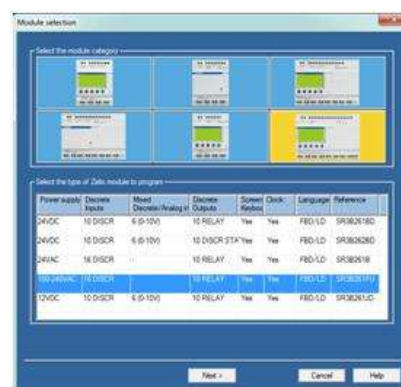
- Sangat mudah digunakan dan waktu pengerjaannya lebih cepat.
- Bersifat fleksibel dan sangat handal.
- Mudah dalam modifikasi menggunakan software.
- Lebih ekonomis untuk aplikasi yang sederhana.
- Memerlukan waktu training lebih pendek.
- Adanya modul komunikasi MODBUS, zelio dapat menjadi slave PLC dalam suatu jaringan PLC.
- Terdapat fasilitas Fast Counter (hingga 1KHz).
- Dapat diprogram menggunakan LD dan FBD.

*Zelio smart relay* memiliki dua jenis input, yaitu input discrete/ input digital (on/off) dan input analog (0-10 VDC). Zelio yang sumber tegangannya DC biasanya

mempunyai kedua jenis input ini (input discrete dan input analog), kecuali pada tipe SR\* A\*\*BD yang hanya memiliki input discrete saja. Sedangkan pada zelio smart relay yang sumber tegangannya AC (tipe SR\* \*\*\*B atau SR\*\*\*\*FU) semuanya hanya memiliki input discrete.



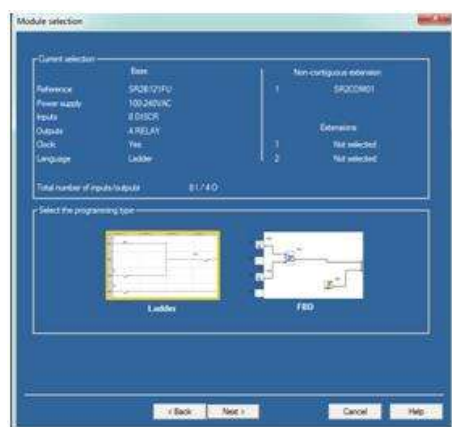
**Gambar 2.4.** Jendela untuk memilih jenis PLC zelio.



**Gambar 2.5.** Jendela untuk memilih tipe PLC zelio.

Pemrograman pada zelio dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu menggunakan programming console dan menggunakan bantuan PC (personal computer). Pada Zelio Soft 2 terdapat 2 bahasa pemrograman yang dapat digunakan yaitu bahasa Ladder Diagram (LD) yang

merupakan bahasa pemrograman standart PLC dan bahasa pemrograman Function Block Diagram (FBD). Tidak semua Jenis PLC zelio dapat deprogram melalui FBD, beberapa jenis PLC zelio hanya dapat diprogram melalui LD. Beberapa jenis PLC Zelio yang hanya dapat deprogram melalui LD antara lain SR2 A101BD, SR2 A101FU, SR2 A201BD, SR2 A201FU, SR2D101BD, SR2 D101FU, SR2 D201BD, dan SR2 D201FU.

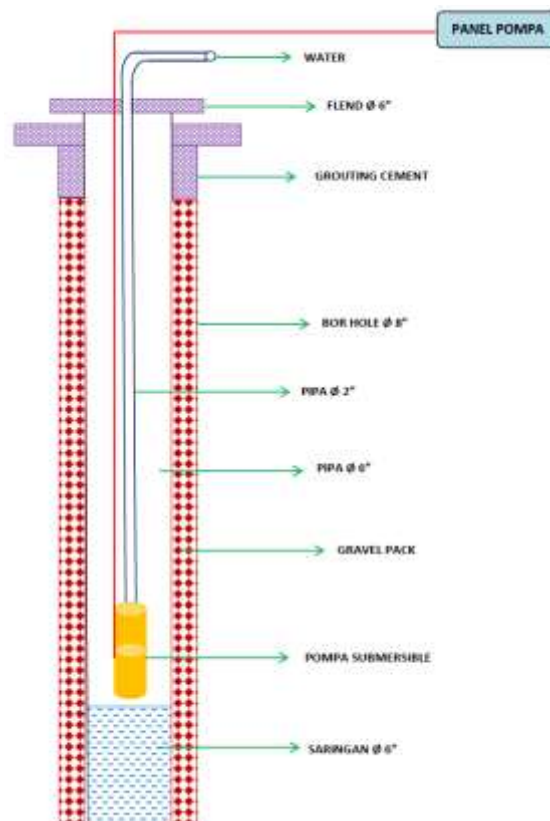


**Gambar 2.6.** Jendela pemilihan bahasa pemrograman

### 3. METODE PENELITIAN

#### A. Observasi data

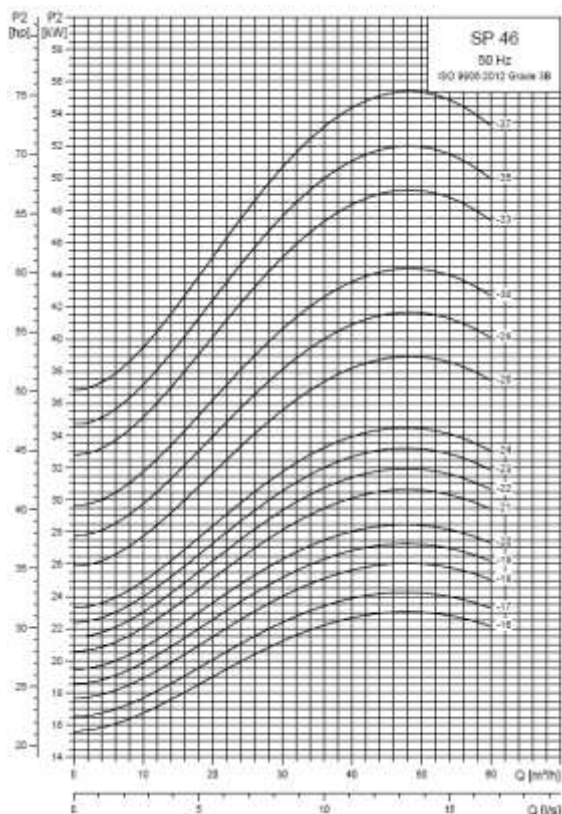
Observasi data yang dilakukan meliputi data deep well, data motor pompa. Motor yang digunakan grundfos MMS6. Pompa dipasang pada kedalaman 150 meter.



**Gambar 3.1.** Konstruksi *deep well*

Pompa grundfos yang digunakan dengan data sebagai berikut :

1. Type SP 46-24.
2. Kapasitas 60 m<sup>3</sup>/jam.
3. Sumber tegangan 3 fasa.
4. 2 pole (2950 rpm).
5. 50 Hz.
6. 52 Hp.



**Gambar 3.2.** Karakteristik pompa SP 46-

24



**Gambar 3.3.** Motor pompa MMS6

Tujuan penelitian ini adalah membuat rancang bangun sistem pengendali star delta menggunakan PLC Zelio, menguji efektifitas hasil pengembangan sistem pengendali star delta

menggunakan PLC zelio dan mendapatkan arus starting yang rendah untuk pengasutan motor induksi tiga fasa 52 Hp.

## **B. Perancangan rangkaian pengendali dan tenaga**

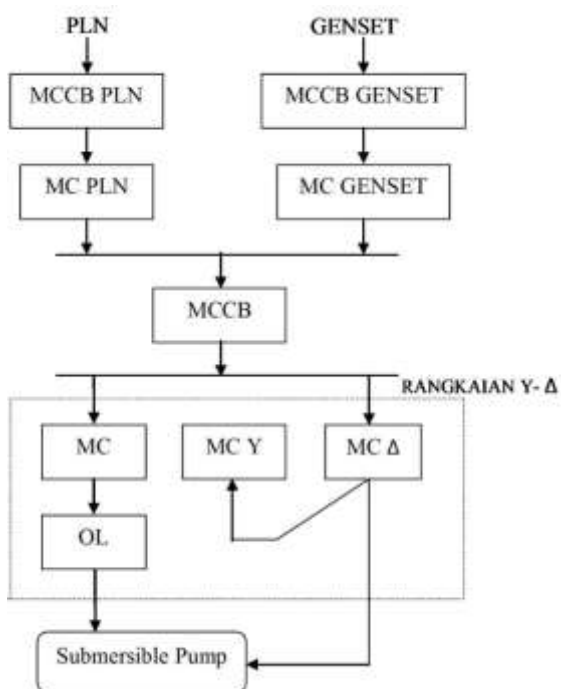
Rangkaian Daya menggunakan komponen sebagai berikut :

1. Magnetic Contactor (MC) TeSys D.
2. Thermal Overload Relay.
3. MCCB Tiga Fasa (100 A).
4. MCB satu fasa (10 A).

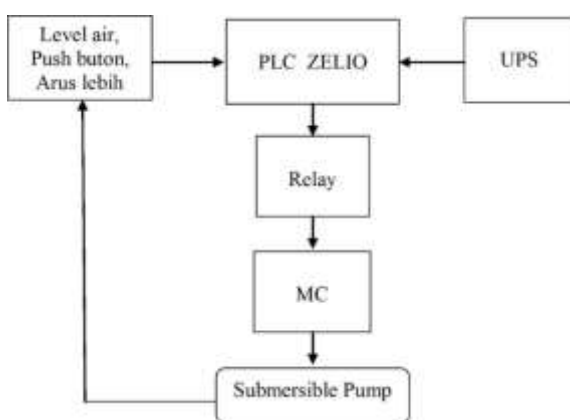
Rangkaian kendali menggunakan komponen sebagai berikut :

1. PLC Zelio SR3B261FU
2. Relay omron
3. Pilot lamp
4. Pushbutton
5. Selektor switch
6. UPS
7. WLC (water level control)





**Gambar 3.4.** Perancangan rangkaian tenaga

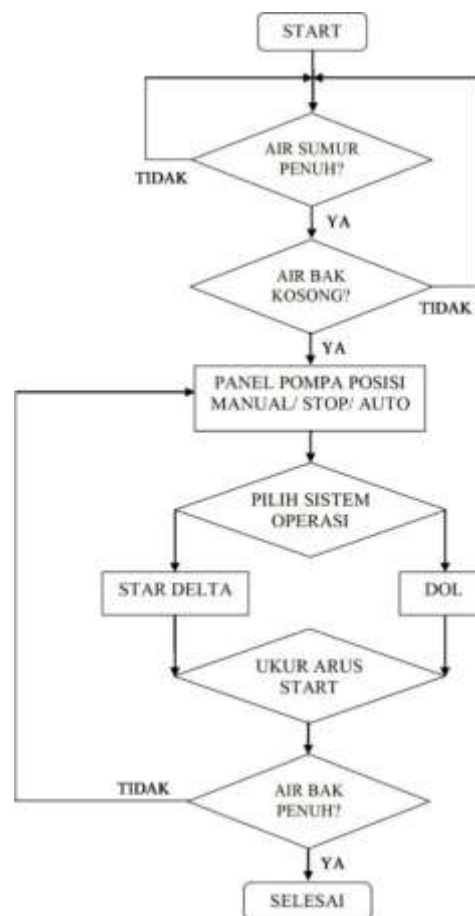


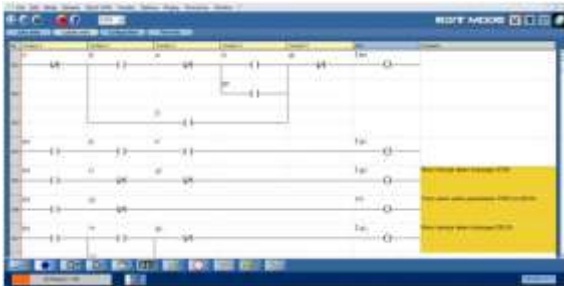
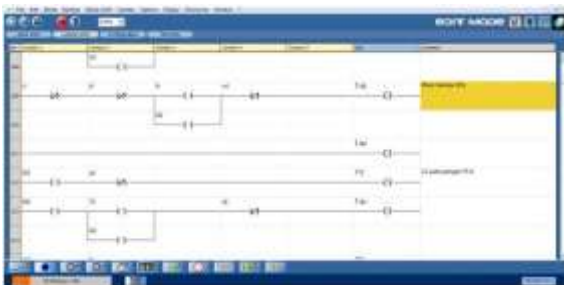
**Gambar 3.5.** Perancangan rangkaian kendali

Pada rangkaian tenaga yang terlihat pada gambar 3.4 mempunyai sistem pergantian antara PLN dan Genset yang diatur oleh kendali PLC zelio. Motor pompa yang digunakan mempunyai tegangan bintang 660V dan tegangan delta 380V. Kedua sumber tegangan tiga fasa,

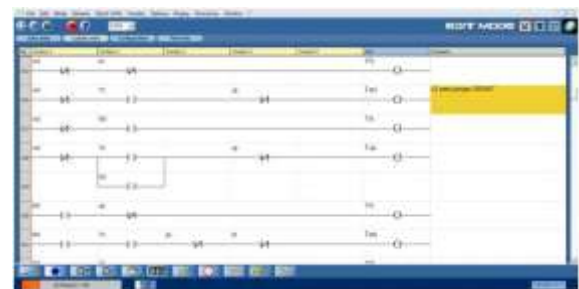
baik dari PLN atau Genset digunakan sebagai sumber tegangan rangkaian tenaga Y-  $\Delta$ . Pada rangkaian kendali mempunyai sensor arus lebih (untuk pengaman motor), sensor level air menggunakan WLC untuk mendeteksi level air bak penampung dan level air pada deep well. Sistem kendali bisa dioperasikan secara manual atau otomatis menggunakan selektor switch. Digunakan relay sebagai interface keluaran PLC zelio dengan magnetic contactor (MC). PLC zelio menggunakan sumber tegangan dari UPS dan dipilih tipe yang menggunakan tegangan AC 220 V.

### C. Perancangan Zelio soft



**Gambar. 3.6.** Algoritma program *Zelio soft***Gambar 3.7** Ladder diagram sistem kendali star delta**Gambar 3.8** Ladder diagram sistem DOL

Sistem dirancang untuk bekerja dalam dua metode, yaitu metode manual dan metode otomatis. Dalam metode manual motor submersible bekerjanya melalui tombol push button start dan stop dan dalam metode ini sensor WLC tidak digunakan untuk memberikan informasi awal bekerjanya motor, tetapi hanya digunakan untuk memberikan informasi agar motor pompa berhenti bekerja. Dalam metode otomatis semuanya diatur oleh sensor WLC.

**Gambar 3.9** Ladder diagram ATS pada jaringan PLN**Gambar 3.10** Ladder diagram ATS pada jaringan Genset

Dalam perancangan menggunakan Zelio soft 2.0 dipilih bahasa program ladder diagram (LD). Dalam pembuatan ladder diagram mengikuti algoritma proses pengendalian yang terlihat pada gambar. Pada saat kondisi awal sensor akan memberikan informasi level air pada bak penampung dan pada deep well. Jika kondisi level air deep well kurang, maka pompa submersible tidak dapat atau tidak boleh bekerja. Jika level air bak penampung kurang atau kosong maka pompa submersible dapat bekerja untuk mengisi air pada bak penampung. Bekerja pompa submersible dapat dengan cara manual atau otomatis. Jika level air bak penampung



sudah penuh maka pompa submersible harus berhenti bekerja. Bekerja atau berhentinya pompa submersible tergantung dari kepekaan sensor WLC.

#### D. Analisa Data

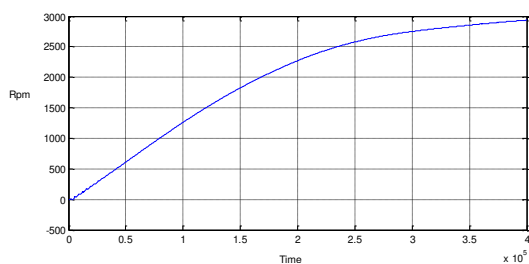
Analisa data dilakukan dengan melakukan pengukuran :

1. Arus start DOL
  2. Arus start menggunakan star delta
  3. Penentuan waktu perpindahan sambungan star ke sambungan delta
- Arus motor saat level air deep well turun

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pengasutan pompa submersible tiga fasa Grundfos type SP 46-6 dengan menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) Zelio ini meliputi pengujian dengan DOL dan pengujian pengasutan menggunakan star delta.

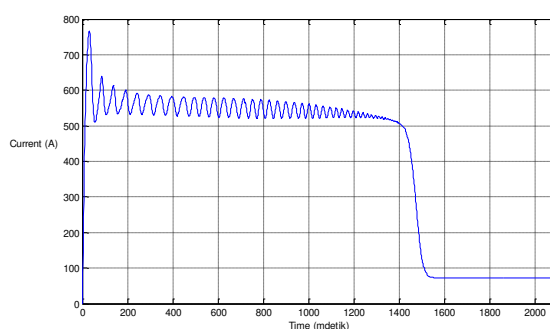
##### A. Pengujian Pengasutan DOL



**Gambar 4.1** Grafik kecepatan motor pompa (DOL).

Pada saat mengoperasikan pompa submersible menggunakan sistem DOL, maka motor pompa menggunakan sistem

sambungan delta. Pada saat sistem bekerja secara DOL sistem kendali star delta tidak dapat dioperasikan. Sistem DOL menghasilkan arus start motor pompa submersible 625,31 A. Waktu yang dibutuhkan dari arus start menuju arus nominal pada sistem DOL 1,5 detik.

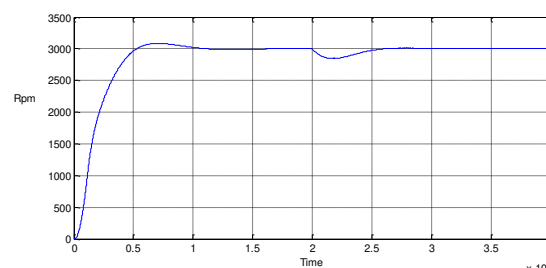


**Gambar 4.2.** Grafik arus motor pompa (DOL).

METODE DOL			
I NOMINAL (A)	ARUS START (A)		
	FASA R	FASA S	FASA T
73,4	625,31	625,33	625,30

**Tabel 4.1** Data Pengukuran Sistem DOL

##### B. Pengujian Pengasutan Star Delta



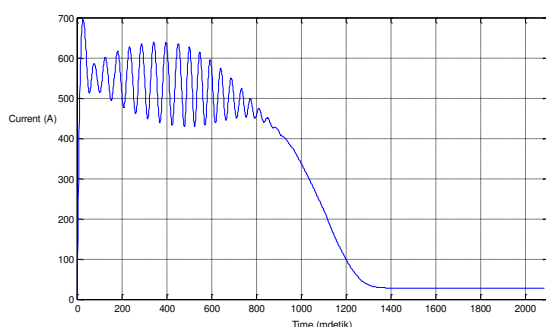
**Gambar 4.3.** Grafik kecepatan motor pompa

Jika menggunakan pengasutan star delta, operasi sistem DOL tidak dapat

dilakukan. Pada pengasutan star delta menggunakan tegangan line 380V. Sistem sambungan delta pada motor pompa menggunakan tegangan 380V dan sistem sambungan star menggunakan tegangan 660V. Arus start motor pompa submersible menggunakan sistem kendali star delta adalah 45,4 A. Waktu perpindahan dari sistem sambungan star ke delta adalah 1,3 detik.

METODE STAR DELTA			
I NOMINAL (A)	ARUS START (A)		
	FASA R	FASA S	FASA T
45,4	520,41	520,44	520,41

**Tabel 4.2** Data Pengukuran Sistem Star Delta



**Gambar 4.4** Grafik arus motor pompa

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem pengasutan pompa submersible tiga fasa dengan menggunakan PLC

Zelio memberikan kemudahan dalam mengoperasikannya.

2. Pengasutan pompa submersible dengan metode DOL memiliki arus starting untuk fasa R sebesar 625,31 A, untuk fasa S sebesar 625,33 A dan untuk fasa T sebesar 625,30 A.
3. Pengasutan pompa submersible dengan metode star delta memiliki arus starting untuk fasa R sebesar 520,41 A, untuk fasa S sebesar 520,44 A dan untuk fasa T sebesar 520,41 A.
4. Waktu yang dibutuhkan untuk perpindahan dari star (Y) ke delta ( $\Delta$ ) adalah 1,3 detik dan waktu menuju arus nominal pada sistem DOL 1,5 detik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2000, Peraturan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000), Jakarta.
- Fakhrizal, Reza, 2007, Aplikasi Programmable Logic Controller ( PLC ) Pada Pengasutan Dan Proteksi Bintang (Y)-Segitiga ( $\Delta$ ) Motor Induksi Tiga Fasa, Penelitian, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Hidayat, Rahmad, 2011, Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa, <http://pengasutan-motor-induksi-3-fasa.html>.

- Prih Sumardjati, dkk, 2008, Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3, Departemen Pendidikan Nasional.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT.PLN, 2005, Teori Dasar Listrik.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT.PLN, 2005, Teknik Listrik Terapan.
- Siswoyo, 2008, TIM, Teknik Listrik Industri Jilid 2, Departemen Pendidikan Nasional.
- Sugiharto Basuki, Agung, 2005, Soft Starting dan Dynamic Braking pada Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Mikrokontroller AT89S51, Penelitian, Universitas Diponegoro, Semarang.  
[http://www.mandc.co.za/pdfs/Star\\_Delta\\_Starting\\_and\\_Dual\\_Voltage\\_Motors\\_Explained.pdf](http://www.mandc.co.za/pdfs/Star_Delta_Starting_and_Dual_Voltage_Motors_Explained.pdf)
- Schneider, 2005, Zelio-Logic Smart Relay (catalogue).
- Submersible pumps, motors and accessories, 2012, Grundfos Data Booklet.
- Wicaksono, H., 2009, Programmable Logic Control (Teori, Pemograman dan Aplikasinya dalam Otomasi Sistem), Graha Ilmu, Yogyakarta